

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 4 月 22 日 (22.04.2004)

PCT

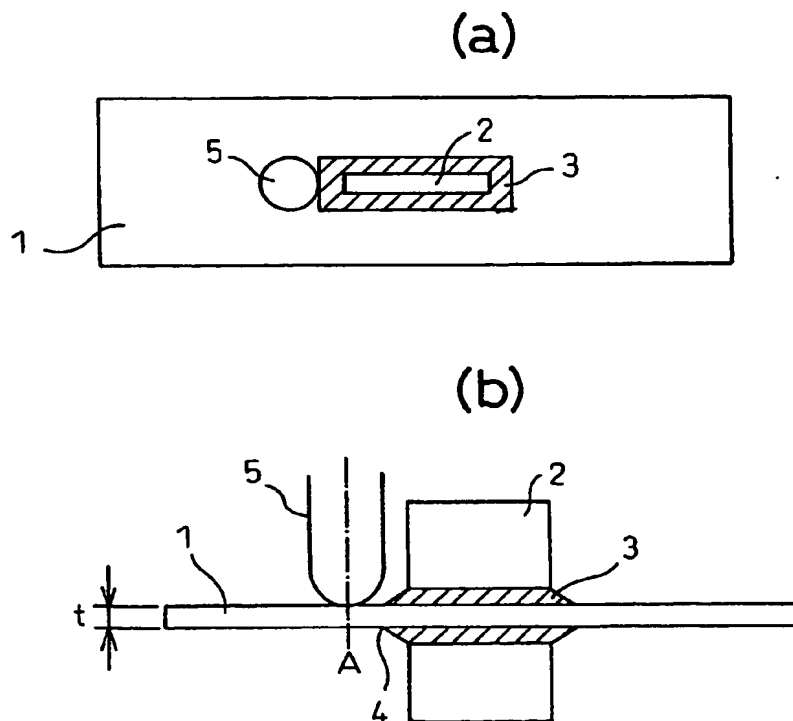
(10) 国際公開番号  
WO 2004/033144 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: B23K 31/00, 9/02, 9/235 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/012916 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中島 清孝  
(22) 国際出願日: 2003 年 10 月 8 日 (08.10.2003) (NAKASHIMA, Kiyotaka) [JP/JP]; 〒293-8511 千葉県  
(25) 国際出願の言語: 日本語 富津市 新富 2 0-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本  
(26) 国際公開の言語: 日本語 部内 Chiba (JP). 石川 忠 (ISHIKAWA, Tadashi) [JP/JP];  
(30) 優先権データ: 〒293-8511 千葉県 富津市 新富 2 0-1 新日本製鐵  
特願2002-294397 2002 年 10 月 8 日 (08.10.2002) JP 株式会社 技術開発本部内 Chiba (JP).  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 新日 (74) 代理人: 青木 篤, 外(AOKI, Atsushi et al.); 〒105-8423  
本製鐵株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) 東京都 港区虎ノ門 三丁目 5 番 1 号 虎ノ門 3 7 森ビ  
[JP/JP]; 〒100-8071 東京都 千代田区大手町 二丁目 ル 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).  
6 番 3 号 Tokyo (JP). (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,  
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,  
HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

[続葉有]

(54) Title: BOXING JOINT WITH EXCELLENT FATIGUE STRENGTH, METHOD OF MANUFACTURING THE BOXING JOINT, AND WELDED STRUCTURE

(54) 発明の名称: 疲労強度に優れた回し溶接継手、回し溶接継手の製造方法、および、溶接構造物



(57) Abstract: A boxing joint with an excellent fatigue strength used for welded structures such as buildings, ships, bridges, construction machinery, and marine structures to weld the end parts of two steel plates vertically combined with each other, a method of manufacturing the boxing joint, and welded structures using the boxing joint, the boxing joint wherein at least the steel plate of the two steel plates to which a main stress is applied is formed to suppress the propagation of fatigue cracking and, desirably, to have a compressive residual stress on the front surface layer of the steel plate, and where the plate thickness of the steel plate is  $t$ , a residual stress in a main stress direction in an area of  $t/10$  or more or 3 mm or more from the boxing welding face of the steel plate in a plate thickness direction is the compressive residual stress.

[続葉有]



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物などの溶接構造物に用いられる、2 枚の鋼板を垂直に組み合わせた端部を溶接する疲労強度に優れた回し溶接継手、回し溶接継手の製造方法、および、回し溶接継手を用いた溶接構造物を提供するものであり、2 枚の鋼板を垂直に組み合わせた端部を溶接する回し溶接継手において、前記 2 枚の鋼板のうち少なくとも主応力がかかる側の鋼板が疲労き裂の伝播を抑制する鋼板、好ましくは、鋼板の表層に圧縮残留応力を有する鋼板、であって、該鋼板の板厚を  $t$  とするとき、該鋼板の回し溶接面から板厚方向に  $t/10$  以上、または 3 mm 以上の範囲までの主応力方向の残留応力が、圧縮残留応力である。

## 明 細 書

疲労強度に優れた回し溶接継手、回し溶接継手の製造方法、および、溶接構造物

### 技術分野

本発明は、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物などの溶接構造物に用いられる疲労強度に優れた回し溶接継手、回し溶接継手の製造方法、および、回し溶接継手を用いた溶接構造物に関する。

具体的には、2枚の鋼板を垂直に組み合わせた端部を溶接する疲労強度に優れた回し溶接継手、回し溶接継手の製造方法、および、回し溶接継手を用いた溶接構造物に関する。

### 背景技術

一般に、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物などの溶接構造物に用いられる溶接継手形状として、2枚の鋼板を垂直に組み合わせた端部を溶接する回し溶接継手が多く用いられており、溶接方法としては、アーク溶接、プラズマ溶接をはじめ、レーザ溶接や電子ビーム溶接など、多種多様な溶接方法が適用されている。

この回し溶接継手には、風や波、機械振動などによる繰り返し荷重がかかるため、疲労強度の向上が極めて重要であり、溶接後の後処理による溶接ビード形状や疲労強度の向上手法として、①グラインディング、②T I Gドレッシング、③ショットピーニング、④ハンマーピーニングが用いられるが、以下のような問題点があった。

ここで、グラインディング、T I Gドレッシングは、溶接ビードの形状をよくするものであるが、いずれも著しく作業効率が悪かった。

ショットピーニング、ハンマーピーニングは、疲労強度の向上効果はあるが、ショットピーニングは巨大な機械が必要であるうえ、種々のユーティリティが必要となる。

また、ハンマーピーニングは反動が大きく、処理結果が安定せず、時にはかえってプレス成形性や疲労強度を低下させてしまうことがある。また、このハンマーピーニングは、あまりに大きな塑性変形を与えるために、薄い板に対しては使いにくいという欠点もあった。

さらに、グラインディングやハンマーピーニングは、数Hzの低周波の機械加工を継手部に施すため、加工表面の凹凸が激しく、その山部に応力が集中し、継手部に繰り返し荷重がかかると、この応力集中部からき裂が生じるため継手全体の疲労強度が低下するという問題点があった。

また、溶接部には、一般に溶接による入熱によって残留応力が導入される。その残留応力が溶接部で疲労強度を低下させる一つの大きな要因となっている。そこで、疲労強度を向上させる、別の手段として、溶接継手部に圧縮残留応力を発生させる、あるいは溶接継手部に発生する引張残留応力を低減して疲労強度を高める方法が知られている。

例えば、溶接止端部近傍にショットピーニング処理を行うことで圧縮残留応力を付与できる。ここに、ショットピーニング処理は、疲労き裂発生の起点となる部位に、1mm弱の鋼球を多数打ち付け圧縮残留応力を付与する手法である。

さらに、溶接金属の加熱再溶融により溶接止端部形状の改善あるいは引張残留応力の軽減が可能であることも知られている。

しかし、このショットピーニング処理は鋼球を必要とし、この鋼球の後処理あるいはコストが問題となる場合がある。さらに疲労強

度の向上代がばらつくという問題点がある。

以上のように、従来の疲労強度の向上技術を、回し溶接継手に採用することは困難であり、たとえ採用できても疲労強度向上代が低いレベルに留まっていた。

なお、溶接継手部に超音波振動を与えることによって、疲労強度を向上させる方法に関する従来技術としては、例えば、U S P 6 1 7 1 4 1 5 公報に、溶接アークによって熱せられた溶接シーム部に沿って超音波振動を付与する方法が開示されている。

しかし、この従来技術は、溶接直後の高温の材料に超音波振動を与えることを前提としているうえ、本発明が提案しているような超音波振動子で打撃する具体的な範囲の開示がない。

また、溶接構造物の疲労強度を向上させるために、疲労き裂の伝播を抑制する鋼板が開発され、従来から種々の提案がなされている。

例えば、1998年日本材料学会第24回疲労シンポジウム講演論文集「表層超細粒鋼板の疲労特性」p157-162には、表1の鋼種aに示す一般造船用鋼材の昇温過程でフェライトを加工することにより表層に超微細組織を形成したいわゆるSUF鋼が、疲労き裂の伝播速度を遅延させる効果を有することが開示されている。

また、特開平6-271985号公報には、表1の鋼種bに示す成分の鋼板の仕上圧延終了温度を低くする二相域圧延を行った後に水冷を行うことにより縞状マルテンサイトが生成しこの部分で疲労き裂が分岐するため疲労き裂の伝播速度を低下させる鋼板が開示されている。

また、特開平11-1742号公報には、表1の鋼種cに示す成分の鋼板のフェライトおよび第二相からなる複合組織中の第二相の形態、およびフェライトおよび第二相の硬さを制御し、第二相にお

いて主き裂から微小き裂を発生させることによって、き裂の進展力を分散・弱め、き裂の伝播を抑制させる鋼板が開示されている。

また、特開平 7-90478 号公報には、表 1 の鋼種 d に示す成分の鋼板を未再結晶域で圧延し、その後徐冷し、炭素が濃縮した  $\gamma$  域を生成せしめた後、加速冷却することによって島状マルテンサイトの形状制御を行うことによって、き裂の伝播を抑制させる鋼板が開示されている。

また、特開 2002-129181 号公報には、表 1 の鋼種 e に示す成分の鋼板のフェライトとフェライトとの強度差が大きい第二相を適切なサイズ、量で分散させること、さらに特定の集合組織を同時に発達させることによって疲労き裂の伝播を抑制させる鋼板が開示されている。

さらに、特開平 8-225882 号公報には、表 1 の鋼種 f に示す成分の鋼板をフェライトとベイナイトの二相組織とした上で、フェライト相部分の比率、フェライトの硬さ、および、フェライトとベイナイトの相境界の数等を特定範囲に規定することによって、き裂進展速度を遅くする鋼板が開示されている。

また、特開平 11-310846 号公報には、表 1 の鋼種 g に示す成分の鋼板をフェライトとマルテンサイトの二相組織、または、フェライト、ベイナイト、マルテンサイトの 3 相組織とし、複合組織中の各組織間の硬度差をある値以上にした場合、また、これに加えて軟質部の平均粒径または硬質部の平均間隔を一定値以下に抑制した場合、進展するき裂が硬質部と軟質部の境界近傍に達した際、先端における塑性変形が抑制されることにより、疲労き裂が停留する鋼板が開示されている。

しかし、これらの疲労き裂の伝播を抑制する鋼板も、回し溶接による入熱によって、引張残留応力下においては疲労強度の向上効果

が半減してしまうという問題点があった。

すなわち、溶接止端部には応力集中が発生するが、溶接時の入熱によってこの止端部に引張残留応力が働くと応力集中を助長することになり、疲労強度が著しく低下してしまうという問題点があった。

#### 発明の開示

本発明は、前述のような従来技術の問題点を解決し、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物などの溶接構造物に用いられる、2枚の鋼板を垂直に組み合わせた端部を溶接する疲労強度に優れた回し溶接継手、回し溶接継手の製造方法、および、回し溶接継手を用いた溶接構造物を提供することを課題とする。

本発明は前述の課題を解決するために鋭意検討の結果なされたものであり、その要旨とするところは下記のとおりである。

(1) 2枚の鋼板を垂直に組み合わせた端部を溶接する回し溶接継手において、

前記2枚の鋼板のうち少なくとも主応力がかかる側の鋼板が疲労き裂の伝播を抑制する鋼板であって、該鋼板の板厚を $t$ とするとき、該鋼板の回し溶接面から板厚方向に $t/10$ 以上、または3mm以上の範囲までの主応力方向の残留応力が、圧縮残留応力であることを特徴とする疲労強度に優れた回し溶接継手。

(2) 前記疲労き裂の伝播を抑制する鋼板が、該鋼板の表層に圧縮残留応力を有する鋼板であることを特徴とする(1)に記載の疲労強度に優れた回し溶接継手。

(3) (1)または(2)に記載の疲労強度に優れた回し溶接継手の製造方法であって、前記回し溶接継手の止端部から5mm以内の範囲を超音波振動端子で打撃することを特徴とする疲労強度に優れ

た回し溶接継手の製造方法。

(4) (1) または (2) に記載の回し溶接継手を用いることを特徴とする疲労強度に優れた溶接構造物。

#### 図面の簡単な説明

図 1 (a) は、本発明における回し溶接継手の実施形態を示す平面図である。

図 1 (b) は、本発明における回し溶接継手の実施形態を示す正面図である。

図 2 は、回し溶接を行う前の鋼板 1 の、図 1 (b) における A 点 (超音波打撃処理を行う点) の板厚方向の残留応力分布を示す図である。

図 3 は、回し溶接を行った後の鋼板 1 の、図 1 (b) における A 点 (超音波打撃処理を行う点) の板厚方向の残留応力分布を示す図である。

図 4 は、超音波打撃処理を行った後の鋼板 1 の、図 1 (b) の A 点における板厚方向の残留応力分布を示す図である。

図 5 (a) は、本実施例に用いた回し溶接継手を示す平面図である。

図 5 (b) は、本実施例に用いた回し溶接継手を示す正面図である。

図 6 は、圧縮残留応力域の表層からの距離の測定方法を示す図である。

図 7 (a) は、疲労き裂伝播試験に用いた試験片を示す正面図である。

図 7 (b) は、疲労き裂伝播試験に用いた試験片を示す側面図である。



図 8 は、疲労き裂の発生寿命の測定方法を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の実施の形態について、図 1 (a) ～図 4 を用いて詳細に説明する。

図 1 (a)、図 1 (b) は、本発明における回し溶接継手の実施形態を示す図である。

図 1 (a)、図 1 (b) において、主応力をうける鋼板 1 と主応力を受けない鋼板 2 は、垂直に組み合わされ、その周囲の回し溶接部 3 により溶接される。

鋼板 1 は、溶接構造物の強度部材として用いられ、鋼板 2 は強度部材以外の用途に用いられる。

少なくとも、主応力がかかる側の鋼板 1 は、疲労き裂の伝播を抑制する鋼板とする。繰り返し応力による疲労き裂が問題となる部材だからである。

ここに、疲労き裂の伝播を抑制する鋼板とは、前述の表層に超微細組織を有する S U F 鋼や、二相域圧延やマイクロ組織制御によって疲労き裂の伝播を抑制する鋼板をいう。

疲労き裂の伝播を抑制するメカニズムは以下のように考えられる。

まず、軟質相のなかに形成された硬質相によりき裂が停滞し、この硬質相をき裂が迂回しようとしてき裂の分岐が始まる。このき裂の迂回・分岐に伴って、き裂自体の開口を抑制するクロージャー効果が助長されることによって、き裂伝播速度は、一般の鋼板の  $1/10 \sim 1/4$  となる。

ただし、引張残留応力下においては、このクロージャー効果が少なくなり、き裂伝播速度は、一般の鋼板の  $1/3 \sim 1/2$  となる。

そこで、疲労き裂の伝播を抑制する鋼板は、鋼板の表層に圧縮残留応力を有する鋼板であることが好ましい。

鋼板の表層に圧縮残留応力があれば、溶接時の入熱による引張残留応力を緩和することができるうえ、超音波打撃処理を行った場合に、鋼板の表面から板厚方向に深い範囲まで圧縮残留応力に変えることができるので、著しく疲労強度が向上するからである。

回し溶接を行うとき、溶接の入熱によって止端部 4 に引張残留応力が発生するので、止端部 4 から 5 mm 以内の範囲の、止端部の周囲を超音波振動端子 5 により打撃することによって、引張残留応力を圧縮残留応力に変えることができ、溶接止端部の応力集中を緩和することによりき裂発生寿命が向上するとともに、疲労き裂伝播を抑制する鋼板を用いた場合の疲労き裂伝播速度は、前述のクロージャー効果が大きくなるので、一般の鋼板の  $1/20 \sim 1/8$  に向上する。

5 mm 以内とするのは、この範囲が応力集中が発生する範囲であり、5 mm 超の範囲を打撃しても応力集中の緩和効果は認められないからである。

また、本発明に使用する超音波発生装置は問わないが、500 w $\sim$ 1 k w の電源を用いて、トランスデューサによって 20 Hz $\sim$ 60 Hz の超音波振動を発生させ、ウェーブガイドにて増幅させることにより、2 mm $\sim$ 6 mm  $\phi$  のピンからなる超音波振動端子を 30 $\sim$ 40  $\mu$  m の振幅で振動させることによって、打撃部の表面の平滑性にすぐれた深さ数百  $\mu$  m 程度の圧痕を形成することができる。

図 2 は、回し溶接を行う前の鋼板 1 の、図 1 (b) における A 点 (超音波打撃処理を行う点) の板厚方向の残留応力分布を示す図である。

図 2 において、(+) 方向は引張残留応力、(−) 方向は圧縮残

留応力を示す。

圧延中の冷却過程において、鋼板 1 の表面に、冷却水を噴射して急速冷却を行うことにより、図 2 に示すように鋼板の表層に降伏応力の約 50 % 程度の圧縮残留応力を発生させることができる。

図 3 は、回し溶接を行った後の鋼板 1 の、図 1 (b) における A 点（超音波打撃処理を行う点）の板厚方向の残留応力分布を示す図である。

図 3 において、(+) 方向は引張残留応力、(-) 方向は圧縮残留応力を示す。

回し溶接の入熱によって、鋼板の表裏面に降伏応力の約 90 % 程度の引張残留応力が発生しており、この引張応力下においては、溶接止端部の応力集中は助長されるため、このままでは疲労強度が著しく低下してしまう。

なお、図 3 は、鋼板 1 の表裏面から回し溶接を行った例を示しているもので上下対象となっている。

図 4 は、超音波打撃処理を行った後の鋼板 1 の、図 1 (b) の A 点における板厚方向の残留応力分布を示す図である。

図 4 において、(+) 方向は引張残留応力、(-) 方向は圧縮残留応力を示し、 $t_0$  は、主応力方向の残留応力が圧縮残留応力の範囲を示す。

図 4 に示すように、本発明によれば、該鋼板の板厚を  $t$  とするとき、該鋼板の回し溶接面から板厚方向に  $t_0 \geq t/8$  の範囲までの主応力方向の残留応力が、圧縮残留応力なので、溶接止端部の応力集中の緩和効果が大きく、疲労強度を著しく向上させることができる。

一方、疲労き裂の伝播を抑制する鋼板でない一般鋼を用いた場合の残留応力分布（点線）は、圧縮残留応力の範囲が板厚方向の極表

層であるため、止端部の応力集中の緩和効果が少ないので疲労強度の向上効果も劣る。

また、本発明の疲労強度の優れた回し溶接継手を用いて、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物などの溶接構造物を建造することにより、疲労強度に優れた溶接構造物を提供することができる。

## 実施例

本発明の回し溶接継手の疲労強度向上方法の実施例を表 2 ～ 表 4、および、図 5 (a) ～ 図 7 (b) を用いて説明する。

表 2 および表 3 は、本実施例に用いた厚鋼板の化学成分（質量％）および製造プロセスを示す。

表 2 および表 3 において、A 鋼～F 鋼は、疲労き裂の伝播を抑制しない通常鋼であり、G 鋼～L 鋼が本発明に用いる疲労き裂の伝播を抑制する伝播抑制鋼である。

表 4 は、前述の A 鋼～L 鋼からなる鋼板の回し溶接継手の止端部から 5 mm 以内の範囲を超音波振動端子で打撃した結果を示す。

図 5 (a)、図 5 (b) は、本実施例に用いた回し溶接継手を示す図である。

疲労試験条件は以下の通りとした。

- ・荷重負荷方式：軸引張、
- ・応力比：0.1、
- ・環境：室温大気中、
- ・試験応力範囲：150MPa

図 6 は、圧縮残留応力域の表層からの距離の測定方法を示す図である。

図 6 に示す圧縮残留応力域の表層からの距離  $t_0$  は、X 線  $\sin 2\phi$  法により測定した。

即ち、表層の残留応力を測定後、板厚方向に 0.5 mm 間隔で研磨の都度、残留応力を測定し、表層から残留応力がゼロになる位置までの距離を求めた。

図 7 (a)、図 7 (b) は、疲労き裂伝播試験に用いた試験片を示す図である。

疲労き裂伝播試験条件は以下の通りとした。

- ・荷重負荷方式：3 点曲げ、
- ・応力比：0.1、
- ・環境：室温大気中、
- ・き裂長さ測定：直流電位差法

図 8 は、疲労き裂の発生寿命の測定方法を示す図である。

図 8 において、熱影響部 (HAZ) における、き裂発生寿命に対応するために、止端部から 5 mm 離れた所に歪ゲージを貼り、歪ゲージの出力が 5 % 低下したときの寿命を発生寿命とした。

NO.1、NO.3、NO.5、NO.7、NO.9、NO.11 は、比較例であって、通常鋼に超音波衝撃処理を行わなかったもので、止端部の残留応力は引張残留応力となり疲労き裂が発生するまでの発生寿命と伝播寿命とを合計した破断寿命は最も短くなっている。

NO.2、NO.4、NO.6、NO.8、NO.10、NO.12 は、比較例であって、通常鋼に超音波衝撃処理を行ったところ、止端部の残留応力は圧縮残留応力となったが、鋼板の板厚を  $t$  とするとき、表層から板厚方向に  $t/15$  以下の範囲しか圧縮残留応力とならなかったもので、疲労き裂が発生するまでの発生寿命と伝播寿命とを合計した破断寿命は超音波衝撃処理を行わなかった場合の 2 倍程度であった。

NO.13、NO.15、NO.17、NO.19、NO.21、NO.23 は、比較例であって、疲労き裂の伝播抑制鋼に超音波衝撃処理を行わなかったもので、止端部の残留応力は引張残留応力となるが、疲労き裂の伝播抑制効

果によって、疲労き裂が発生するまでの発生寿命と伝播寿命とを合計した破断寿命は通常鋼の2倍程度であった。

N0.14、N0.16、N0.18、N0.20、N0.22、N0.24は、本発明例であって、疲労き裂の伝播抑制鋼に超音波衝撃処理を行ったところ、止端部の残留応力は圧縮残留応力となり、鋼板の板厚を  $t$  とするとき、表層から板厚方向に  $t/10$  以上、または  $3\text{ mm}$  以上の範囲が圧縮残留応力となったので、疲労き裂が発生するまでの発生寿命と伝播寿命とを合計した破断寿命は超音波衝撃処理を行わなかった場合の3倍以上であった。

表 1

鋼種.	C	Si	Mn	P	S	Al	N	その他成分	TS(Mpa)	備考
a	0.13	0.20	1.27	0.007	0.002	—	—		526	表層超細粒化鋼
b	0.03~0.20	≤0.50	0.4~1.6	≤0.020	≤0.010	≤0.10	≤0.06		460~600	二相域圧延鋼
c	0.02~0.20	≤0.8	0.3~2.5	≤0.035	≤0.02	≤0.10	≤0.010		350~650	二相域圧延鋼
d	0.02~0.20	0.01~1.0	0.3~2.0	≤0.01	≤0.010	0.01~0.20	—		530~760	二相域圧延鋼
e	0.005~0.15	0.01~1.6	0.5~2.0	≤0.01	≤0.005	≤0.05	—	Nb, V	630~890	二相域圧延鋼
f	0.08~0.20	0.2~0.6	0.3~2.0	≤0.025	≤0.010	0.01~0.10	—	Cr, Ni, Nb, Cu,	480~680	F+B二相鋼
g	0.01~0.30	0.1~0.5	0.3~2.0	≤0.025	≤0.010	0.005~0.10	—		410~860	F+M, F+B+M鋼

注) F: フェライト、B: ベイナイト、M: マルテンサイト

注) 表中の値は質量%を示す。

表 2

区分	鋼	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ti	Al	B	N
通常鋼	A	0.16	0.35	1.45	0.012	0.004	-	-	-	-	-	-	-	0.031	-	0.0043
通常鋼	B	0.16	0.25	0.95	0.015	0.005	-	-	-	-	-	0.04	-	0.033	-	0.0045
通常鋼	C	0.08	0.28	1.54	0.013	0.002	-	-	0.15	0.15	0.015	-	0.012	0.025	-	0.0042
通常鋼	D	0.13	0.34	1.31	0.018	0.005	-	-	-	-	-	0.04	0.011	0.031	-	0.0036
通常鋼	E	0.12	0.31	1.25	0.015	0.004	-	-	-	-	-	0.05	-	0.028	-	0.0032
通常鋼	F	0.18	0.25	1.15	0.013	0.003	0.15	0.15	-	-	0.010	0.02	-	0.024	-	0.0029
伝播抑制鋼	G	0.12	0.30	1.31	0.006	0.008	-	-	-	-	0.020	-	0.015	0.036	-	0.0030
伝播抑制鋼	H	0.15	0.20	1.17	0.005	0.005	-	-	-	-	0.010	-	0.012	0.031	-	0.0020
伝播抑制鋼	I	0.06	0.25	1.41	0.007	0.002	0.19	0.15	-	-	-	-	0.006	0.044	0.0008	0.0045
伝播抑制鋼	J	0.10	0.35	1.38	0.011	0.004	-	-	-	-	0.006	-	0.009	0.012	-	0.0042
伝播抑制鋼	K	0.08	0.20	1.35	0.010	0.005	-	-	0.20	0.20	0.015	-	0.011	0.028	-	0.0035
伝播抑制鋼	L	0.10	0.22	1.38	0.011	0.005	-	-	-	0.30	-	0.04	0.012	0.025	-	0.0032

注) 表中の値は質量%を示す。



表 3

区分	鋼	製品厚 (mm)	スラブ厚 (mm)	加熱温度 (°C)	粗圧延 開始温度 (°C)	途中冷却		仕上圧延 開始温度 (°C)	冷却開始 温度 (°C)	冷却速度 (°C/s)	冷却停止 温度 (°C)	再加熱処理		焼戻し 温度(°C)
						冷却開始板厚 (mm)	冷却速度 (°C/s)					再加熱 温度(°C)	冷却速度 (°C/s)	
通常鋼	A	15	220	1100	1050	-	-	950	920	空冷	<200	-	-	-
通常鋼	B	25	220	1050	1000	-	-	920	870	空冷	<200	-	-	-
通常鋼	C	15	240	1100	1050	-	-	970	840	15	<200	-	-	600
通常鋼	D	25	250	1150	1100	-	-	900	860	20	<200	-	-	550
通常鋼	E	15	220	1050	1000	-	-	900	870	空冷	<200	900	空冷	-
通常鋼	F	25	240	1100	1050	-	-	850	820	空冷	<200	900	空冷	-
伝播抑制鋼	G	15	220	1150	1100	88	4	720	800	20	530	-	-	-
伝播抑制鋼	H	25	240	1050	1000	100	5	730	815	25	<200	-	-	-
伝播抑制鋼	I	15	250	1100	1050	-	-	780	715	20	470	-	-	-
伝播抑制鋼	J	25	240	1150	1100	-	-	775	685	20	490	-	-	-
伝播抑制鋼	K	15	240	1100	1050	-	-	750	730	25	<200	-	-	-
伝播抑制鋼	L	25	230	1050	1000	-	-	730	700	20	450	-	-	-

表 4

区分	No	鋼	$\Delta K=20\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ の ときの伝播速度 ( $\text{m}/\text{cycle}$ )	超音波衝撃 処理	止端部残留 応力	圧縮領域の表層 からの距離(mm)	発生寿命 (cycles)	伝播寿命 (cycles)	破断寿命 (cycles)	No1との破断 寿命比
比較例	1	A	4.0E-07	無し	引張	-	6.00E+04	1.60E+05	2.20E+05	1.0
比較例	2		4.0E-07	有り	圧縮	0.6	2.70E+05	1.92E+05	4.62E+05	2.1
比較例	3	B	4.8E-07	無し	引張	-	5.70E+04	1.57E+05	2.14E+05	1.0
比較例	4		4.8E-07	有り	圧縮	1.3	2.82E+05	1.95E+05	4.77E+05	2.2
比較例	5	C	3.6E-07	無し	引張	-	6.30E+04	1.68E+05	2.31E+05	1.1
比較例	6		3.6E-07	有り	圧縮	0.7	2.76E+05	2.00E+05	4.76E+05	2.2
比較例	7	D	4.0E-07	無し	引張	-	5.58E+04	1.71E+05	2.27E+05	1.0
比較例	8		4.0E-07	有り	圧縮	1.4	2.88E+05	1.98E+05	4.86E+05	2.2
比較例	9	E	3.6E-07	無し	引張	-	5.70E+04	1.68E+05	2.25E+05	1.0
比較例	10		3.6E-07	有り	圧縮	0.7	2.74E+05	1.97E+05	4.71E+05	2.1
比較例	11	F	4.0E-07	無し	引張	-	5.64E+04	1.70E+05	2.26E+05	1.0
比較例	12		4.0E-07	有り	圧縮	1.5	2.94E+05	2.05E+05	4.99E+05	2.3
比較例	13	G	8.0E-08	無し	引張	-	7.20E+04	3.52E+05	4.24E+05	1.9
発明例	14		8.0E-08	有り	圧縮	1.7	3.00E+05	4.80E+05	7.80E+05	3.5
比較例	15	H	6.8E-08	無し	引張	-	6.90E+04	3.68E+05	4.37E+05	2.0
発明例	16		6.8E-08	有り	圧縮	2.8	3.06E+05	4.96E+05	8.02E+05	3.6
比較例	17	I	1.0E-07	無し	引張	-	6.60E+04	3.36E+05	4.02E+05	1.8
発明例	18		1.0E-07	有り	圧縮	1.8	2.97E+05	4.72E+05	7.69E+05	3.5
比較例	19	J	8.0E-08	無し	引張	-	6.48E+04	3.52E+05	4.17E+05	1.9
発明例	20		8.0E-08	有り	圧縮	2.6	3.00E+05	4.88E+05	7.88E+05	3.6
比較例	21	K	5.0E-08	無し	引張	-	7.50E+04	3.84E+05	4.59E+05	2.1
発明例	22		5.0E-08	有り	圧縮	1.9	3.12E+05	5.28E+05	8.40E+05	3.8
比較例	23	L	4.0E-08	無し	引張	-	7.20E+04	4.16E+05	4.88E+05	2.2
発明例	24		4.0E-08	有り	圧縮	3.1	3.30E+05	5.92E+05	9.22E+05	4.2

### 産業上の利用可能性

本発明によれば、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物などの溶接構造物に用いられる、2枚の鋼板を垂直に組み合わせた端部を溶接する疲労強度に優れた回し溶接継手、回し溶接継手の製造方法、および、回し溶接継手を用いた溶接構造物を提供することができる。

具体的には、疲労き裂伝播を抑制する鋼板を用いた回し溶接継手の止端部に超音波衝撃処理を行うことによって、溶接継手の破断寿命を従来の3倍以上に大幅に向上させることができ、溶接構造物の疲労破壊に対する信頼性を向上させるなど、産業上有用な著しい効果を奏する。

## 請 求 の 範 囲

1. 2枚の鋼板を垂直に組み合わせた端部を溶接する回し溶接継手において、

前記2枚の鋼板のうち少なくとも主応力がかかる側の鋼板が疲労き裂の伝播を抑制する鋼板であって、該鋼板の板厚を $t$ とするととき、該鋼板の回し溶接面から板厚方向に $t/10$ 以上、または3mm以上の範囲までの主応力方向の残留応力が、圧縮残留応力であることを特徴とする疲労強度に優れた回し溶接継手。

2. 前記疲労き裂の伝播を抑制する鋼板が、該鋼板の表層に圧縮残留応力を有する鋼板であることを特徴とする請求項1に記載の疲労強度に優れた回し溶接継手。

3. 請求項1または請求項2に記載の疲労強度に優れた回し溶接継手の製造方法であって、前記回し溶接継手の止端部から5mm以内の範囲を超音波振動端子で打撃することを特徴とする疲労強度に優れた回し溶接継手の製造方法。

4. 請求項1または請求項2に記載の回し溶接継手を用いることを特徴とする疲労強度に優れた溶接構造物。

Fig.1(a)

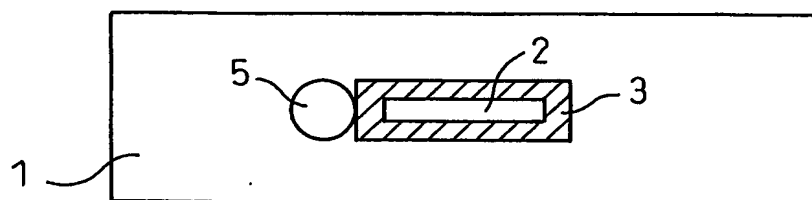


Fig.1(b)

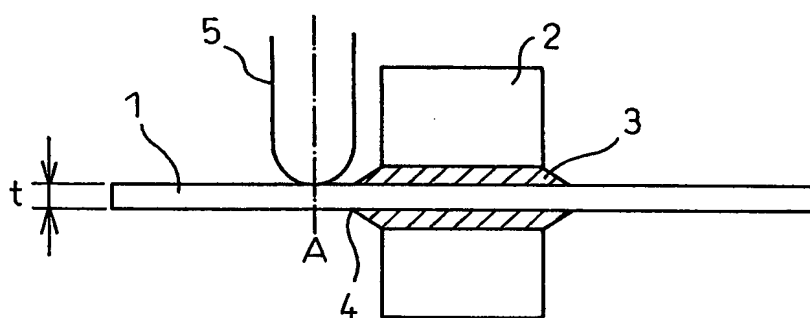


Fig.2

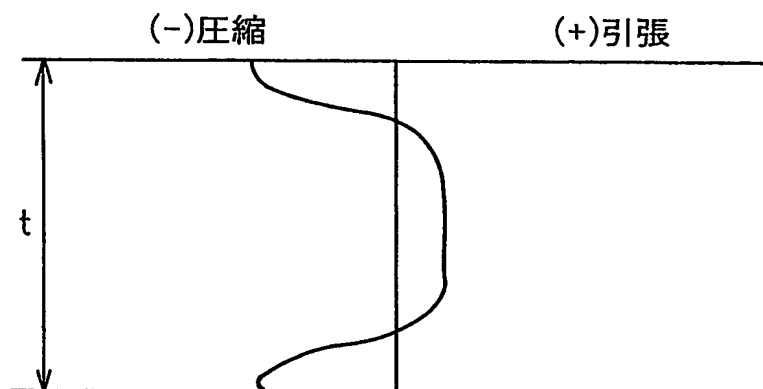


Fig.3

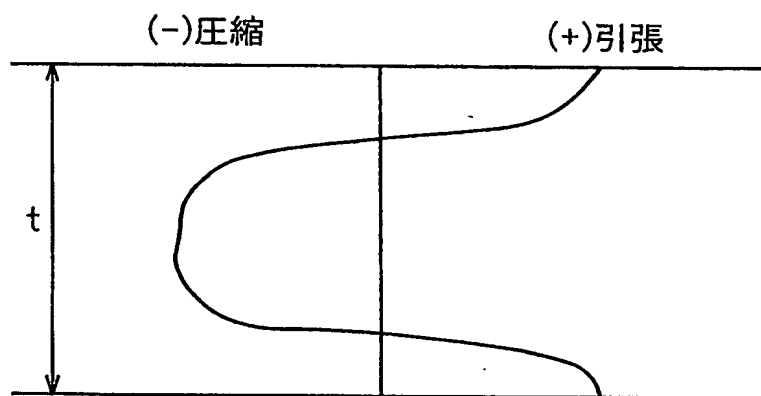


Fig.4

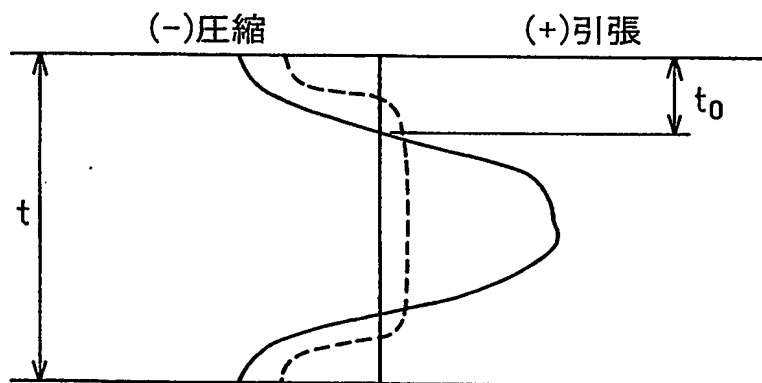


Fig.5(a)

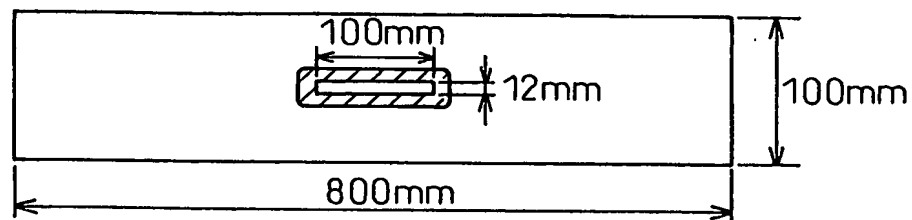


Fig.5(b)

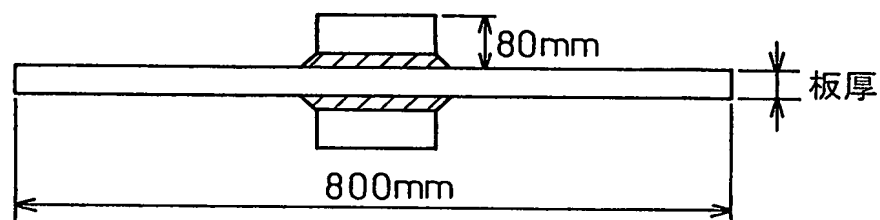


Fig. 6

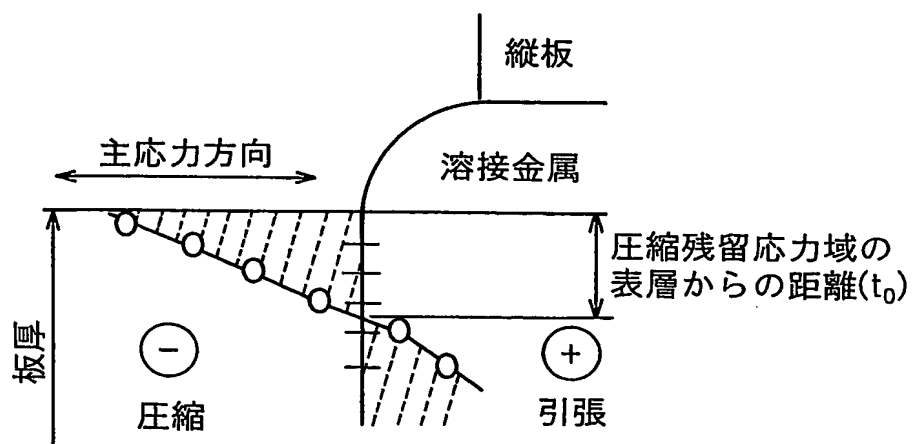


Fig.7(a)

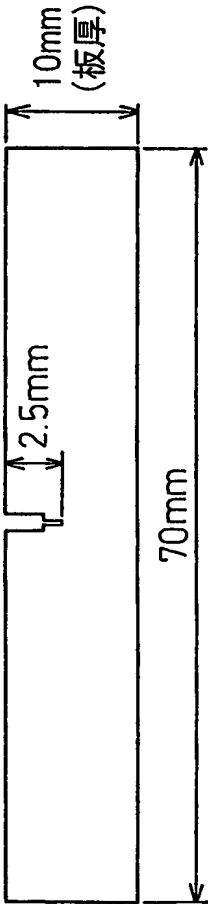


Fig.7(b)

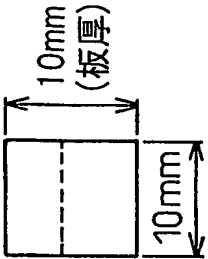
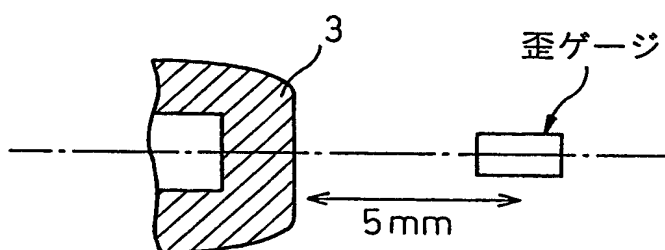




Fig.8



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12916

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B23K31/00, B23K9/02, B23K9/235

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B23K31/00, B23K9/02, B23K9/235

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-1476 A (Nippon Steel Corp.), 08 January, 2003 (08.01.03), Full text (Family: none)	1-4
A	JP 2003-1477 A (Nippon Steel Corp.), 08 January, 2003 (08.01.03), Full text (Family: none)	1-4
A	JP 8-333632 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 17 December, 1996 (17.12.96), Full text (Family: none)	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
13 January, 2004 (13.01.04)

Date of mailing of the international search report  
03 February, 2004 (03.02.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl<sup>7</sup> B 2 3 K 3 1 / 0 0, B 2 3 K 9 / 0 2, B 2 3 K 9 / 2 3 5

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl<sup>7</sup> B 2 3 K 3 1 / 0 0, B 2 3 K 9 / 0 2, B 2 3 K 9 / 2 3 5

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2003-1476 A (新日本製鐵株式会社) 2003.01.08, 全文 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2003-1477 A (新日本製鐵株式会社) 2003.01.08, 全文 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 8-333632 A (石川島播磨重工業株式会社) 1996.12.17, 全文 (ファミリーなし)	1-4

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13.01.04

国際調査報告の発送日

03.2.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

福島 和幸



3P

9346

電話番号 03-3581-1101 内線 3364